

ЛІТЕРАТУРА



НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Кафедра “Обладнання харчових
технологій “

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи №2

на тему:

«ВИВЧЕННЯ РОБОТИ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ»

з курсу «Технологічне обладнання молочної
промисловості» для студентів денної та заочної форми
навчання спеціальностей

6.051701 Харчові технології та інженерія,
7.05170108 Технології зберігання, консервування та
переробки молока

Тернопіль 2015

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Кафедра “Обладнання харчових
технологій “

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторної роботи №2
на тему:
«ВИВЧЕННЯ РОБОТИ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ»

з курсу «Технологічне обладнання молочної промисловості»
для студентів денної та заочної форми навчання
спеціальностей
6.051701 Харчові технології та інженерія,
7.05170108 Технології зберігання, консервування та переробки молока

Тернопіль 2015

Методичні вказівки розроблені у відповідності з навчальними планами спеціальностей та програмами дисциплін.

Методичні вказівки розробили:

к.т.н., доц. Шинкарик М.М., к.т.н. Кравець О.І., Плескун М.І.

Рецензент: д.т.н., проф. Вітенько Т.М.

Відповідальний за випуск: к.т.н., доц. Шинкарик М.М.

Методичні вказівки розглянуті та затверджені на
засіданні кафедри обладнання харчових технологій
Протокол № 4 від 16.10.2015р.

Методичні вказівки розглянуті та рекомендовані
до друку на засіданні методичної комісії факультету машинобудування та харчових
технологій
Протокол № _____ від _____

Мета заняття: Вивчити будову відцентрового насоса то його роботу в мережі.

Ключові слова: насос, напір, розрідження, всмоктування.

I. Теоретичні відомості

На молочних заводах для подачі молока в цехи з приймального відділення, а також для транспортування його між цехами та окремими видами обладнання використовуються відцентрові насоси. Основним робочим органом насоса є лопатеве колесо 2 (рис. 1), розміщене в корпусі 1.

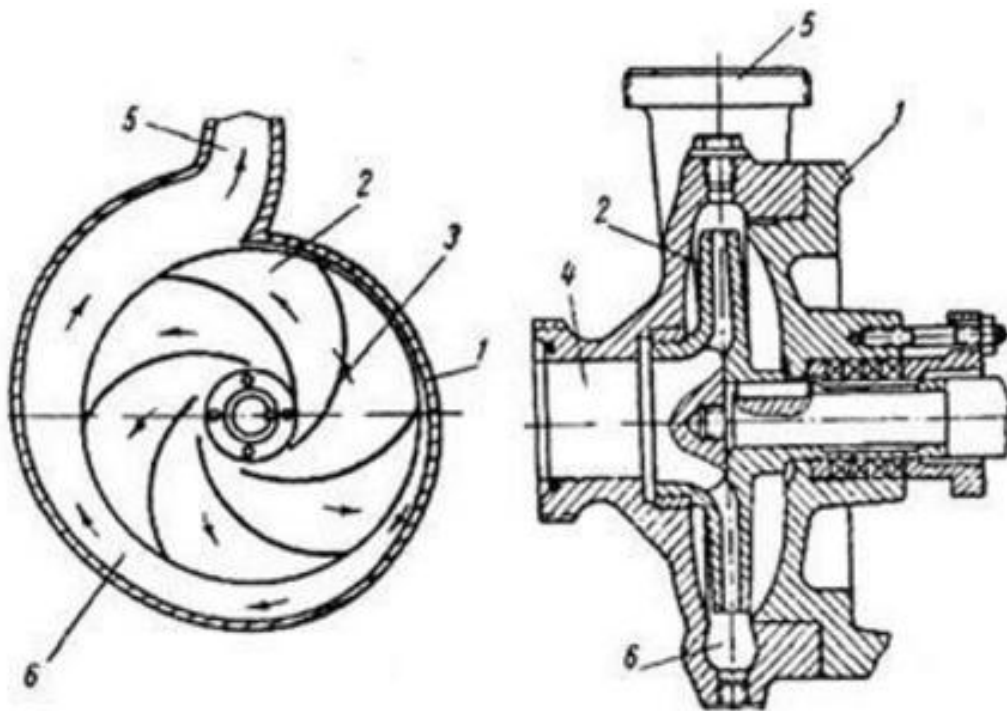


Рис. 1. Відцентровий насос

1 – корпус; 2 – лопатеве колесо; 3 – лопаті; 4 – патрубок для надходження продукту; 5 – патрубок для відведення продукту; 6 – канал для руху продукту.

Корпус має патрубок для підводу рідини до лопатевого колеса та патрубок для відведення потоку рідини від нього. Робоче колесо складається з двох дисків, між якими розміщені лопаті 3, що утворюють криволінійні канали для проходження рідини. В камеру робочого колеса рідина надходить через отвір в центрі одного диска і виходить під дією відцентрової сили з каналу 6 по колу. Вхідний отвір 4 з'єднаний із всмоктувальним трубопроводом. Відцентровий насос не може створювати розрідження і всмоктувати рідину, якщо всмоктувальний трубопровід заповнено

повітрям. Обов'язковою умовою роботи відцентрового насоса є початкове повне заповнення корпусу та всмоктувального трубопроводу рідиною.

Характеристиками відцентрового насоса називають криві, що відображають взаємозв'язок об'ємної подачі з напором, потужністю і коефіцієнтом корисної дії насосу.

Підбір насоса для технологічної лінії визначається двома чинниками: продуктивністю лінії та необхідним напором, який повинен розвивати насос для подолання гідравлічного опору трубопроводу.

Витрати напору та гідравлічний опір руху рідини в трубопроводах визначається за формулою:

$$H_c = \frac{v^2}{2g} (\xi_{тр} \frac{1}{d_t} + \sum \xi_{мс} + 1) \quad (1)$$

де v – швидкість руху рідини в трубопроводі, м/с (табл. 1);

$\xi_{тр}$ – коефіцієнт опору тертя;

$\xi_{мс}$ – коефіцієнт місцевих опорів.

l – довжина трубопроводу, м;

d_t – діаметр трубопроводу, м;

g – прискорення вільного тяжіння, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

Таблиця 1

Рекомендована швидкість руху молочних продуктів в трубопроводах

| № з.п. | Продукт | Швидкість руху, м/с |
|--------|---------------------------------|---------------------|
| 1. | Молоко | 0,5 – 1,5 |
| 2. | Вершки, сметана, згущене молоко | 0,3 – 0,5 |
| 3. | Знежирене молоко | 1,0 – 2,0 |
| 4. | Маслянка, сироватка | |

Коефіцієнт опору тертя залежить від режиму руху рідини. При турбулентному режимі він становить:

$$\xi_{\text{тр}} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{\text{Re}}}. \quad (2)$$

де Re – критерій Рейнольдса.

При ламінарному режимі коефіцієнт опору тертя визначається з наступної формули:

$$\xi_{\text{тр}} = \frac{64}{\text{Re}}. \quad (3)$$

Швидкість руху рідини по трубопроводі визначають виходячи з продуктивності лінії:

$$v = \frac{Q}{f_{\text{тр}}} = \frac{4Q}{\pi d_{\text{т}}^2}, \quad (4)$$

де Q – продуктивність (подача) насоса, $\text{м}^3/\text{с}$;
 $f_{\text{тр}}$ – площа поперечного перерізу трубопроводу, м^2 .

Критерій Рейнольдса визначають за формулою:

$$\text{Re} = \frac{vd_{\text{т}}}{\nu}, \quad (5)$$

де ν – кінематична в'язкість продукту, $\text{м}^2/\text{с}$.

Коефіцієнт місцевого опору виражає собою ту частину енергії потоку, що витрачається на роботу сил тертя. Його значення становить в межах від 0 до 1 і залежить від виду опору.

При вході рідини в трубопровід коефіцієнт місцевого опору залежить від форми вхідної кромки труби:

- для гострих країв $\xi_{\text{мс}} = 0,5$;
- для тупих країв $\xi_{\text{мс}} = 0,25$;
- при заокругленій кромці труби $\xi_{\text{мс}} = 0,06$.

При виході рідини із труби коефіцієнт місцевого опору становить $\xi_{\text{мс}} = 1$.

При різкому розширенні або звуженні коефіцієнт місцевих втрат залежить від співвідношення діаметрів труб (табл. 2).

Таблиця 2

Значення коефіцієнтів місцевих опорів

| d_{δ}/d_m d_m/d_{δ} | 0,01 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| Розширення | - | 0,81 | 0,64 | 0,49 | 0,36 | 0,25 | 0,16 | 0,09 | 0,04 | 0,01 | 0 |
| Звуження | 0,5 | 0,47 | 0,45 | 0,38 | 0,34 | 0,3 | 0,25 | 0,2 | 0,15 | 0,09 | 0 |

d_{δ} , d_m – відповідно більший і менший діаметри труби, мм.

При відводах, встановлених на комунікації трубопроводів, коефіцієнт місцевих втрат визначається за формулою:

$$\xi_{mc} = \left[0,131 + 0,16 \left(\frac{d_T}{R} \right)^{3,5} \right] \frac{\alpha}{90}, \quad (6)$$

де R – радіус заокруглення, м;

α – кут, під яким здійснено відвід, °.

Для кранів коефіцієнт місцевого опору залежить від кута їх повороту β (табл. 3)

Таблиця 3.

Коефіцієнт місцевого опору в кранах при різних значеннях кута β

| β | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 45 | 50 | 60 | 65 | 70 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ξ_{mc} | 0,05 | 0,29 | 1,56 | 5,47 | 17,3 | 31,2 | 52,6 | 20,6 | 48,6 | 6,75 |

Основними показниками, що характеризують роботу відцентрового насосу є напір, який створює насос і споживана потужність.

Висоту подачі рідини, або повний напір H , який створює робоче колесо насоса, можна визначити за формулою:

$$H = \frac{\pi^2 n^2 D^2}{g}, \quad (7)$$

де n – частота обертання робочого колеса, об/хв.;

D – діаметр робочого колеса, м.

Потужність, яку споживає насос можна визначити за формулою:

$$N = \frac{QH\rho_p}{10^2\eta}, \quad (8)$$

де η – коефіцієнт корисної дії відцентрового насосу;

ρ_p – густина рідини, кг/м.

При роботі відцентрового насоса можуть зустрічатись випадки, коли тиск в камері насоса рівний пружності парів рідини при даній температурі. В такому випадку може виникати явище кавітації. Кавітаційні бульбашки захоплюються потоком рідини та переносяться в зону підвищеного тиску, де вони дуже швидко зникають, і спричиняють гідравлічні мікроудари. При кавітації різко знижується продуктивність насоса, його ККД та виникають гідравлічні удари, які руйнують колесо та корпус насоса.

Для попередження виникнення кавітації необхідно правильно визначати геометричну висоту всмоктування насоса і не допускати її завищення. Висота всмоктування при якій не виникає кавітація відповідає наступній умові:

$$H \geq 10 \left(\frac{n\sqrt{Q}}{c} \right)^{\frac{4}{3}}, \quad (9)$$

де c – коефіцієнт, що залежить від конструктивних особливостей насоса, в даному випадку $c = 900$.

Висота всмоктування насоса залежить від температури продукту (табл. 4).

Таблиця 4.

Висота всмоктування при різних значеннях температури продукту

| | | | | | | | |
|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| Температура продукту, °C | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 65 |
| Висота всмоктування, м | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

II. Будова лабораторної установки

Лабораторна установка включає мірний бачок для води 1 (рис. 2), вентиля 2, 3, 8, відцентровий насос 4, манометри 5, 7, теплообмінник 6.

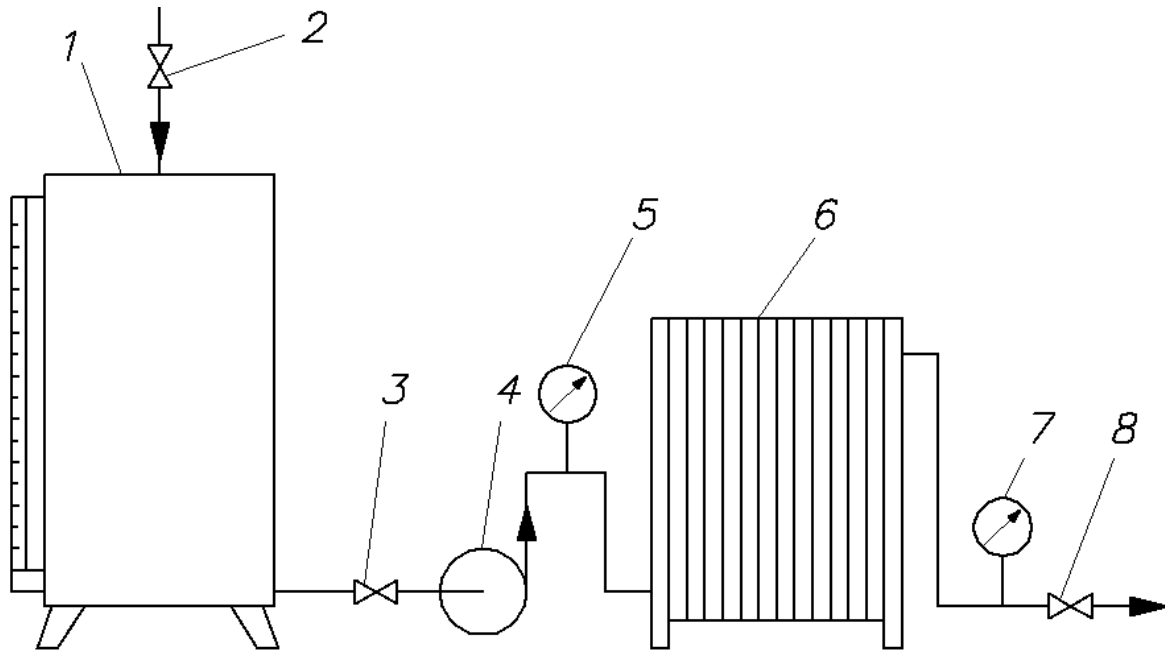


Рис. 2. Схема лабораторної установки

1 – мірний бачок; 2, 3, 8 – вентиля; 4 – насос; 5, 7 – манометри;
6 – теплообмінний апарат.

III. Порядок виконання роботи

1. Відкриваємо вентиль 2 і подаємо воду в бачок 1. За допомогою мірної лінійки визначаємо висоту рівня води і відповідно об'єм води за формулою:

$$V_{\text{п}} = h_{\text{п}} \frac{\pi d_6^2}{4}, \quad (10)$$

де $h_{\text{п}}$ – початкова висота рівня води в бачку, м;
 d_6 – діаметр бачка, м.

2. Відкриваємо вентиля 3 і 8 та вмикаємо насос 4. Фіксуємо покази манометрів 5, 7 і тривалість роботи насоса до моменту, коли висота рідини в бачку буде становити 0,1 м.
3. Визначаємо об'єм рідини, що перекачав насос $V = V_{\text{п}} - V_{\text{к}}$, де

$$V_{\text{к}} = h_{\text{к}} \frac{\pi d_6^2}{4}, \quad (11)$$

де h_k – кінцева висота води в мірному бачку, м.

4. Визначаємо продуктивність насоса за формулою:

$$Q = \frac{V}{\tau}, \quad (12)$$

де τ – тривалість експерименту, с.

5. Визначаємо швидкість руху рідини в трубопроводі за формулою (4).

6. Знаходимо критерій Рейнольдса за формулою (6).

7. Визначаємо коефіцієнт опору тертя; при $Re < 2300$ за формулою (3); при $Re > 10^4$ за формулою (2).

8. Визначаємо коефіцієнт місцевих втрат.

9. Визначаємо втрати напору за формулою (1).

10. Будуємо графіки залежності втрат напору в трубопроводі від продуктивності (подачі) насоса та графік залежності напору від продуктивності.

Таблиця 5.

| № з/п | Покази манометрів | | | V, м ³ | τ , с | Q, м ³ /с | v, м/с | Re | $\xi_{тр}$ | $\xi_{мс}$ | H _с |
|----------|-------------------|---|---|----------------------|------------|-------------------------|-----------|----|------------|------------|----------------|
| | 4 | 5 | 6 | | | | | | | | |
| 1. | | | | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | | | | | |

IV. Техніка безпеки при виконанні лабораторної роботи

При виконанні лабораторної роботи необхідно дотримуватися загальних правил техніки безпеки в лабораторіях.

V. Контрольні питання

1. Будова та принцип роботи відцентрового насоса.
2. Основні параметри, що характеризують роботу відцентрового насоса.
3. Особливості конструкції самовсмоктувального насоса.

4. Визначення втрат напору в трубопроводі.
5. Критерій Рейнольдса та залежності для визначення коефіцієнту гідравлічних втрат по довжині трубопроводу.
6. Визначення потужності, яку споживає насос.
7. Визначення напору насоса.

VI. Рекомендована література

1. Єресько Г.О. Технологічне обладнання молочних виробництв : Навчальний посібник / Г.О. Єресько, М.М. Шинкарик, В.Я. Ворощук – К.: Інкос, 2007. – 336с.
2. Мирончук В.Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: навчальний посібник / Мирончук В.Г., Орлов Р.О., Українець А.І. та ін. – Вінниця. Нова книга, 2004. – 288с.
3. Сурков В.Д., Липатов Н.Н., Золотин Ю.П Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 432с.